

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/003228

International filing date: 21 February 2005 (21.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-046798  
Filing date: 23 February 2004 (23.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 07 April 2005 (07.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

21.02.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 4 年    2 月 2 3 日  
Date of Application:

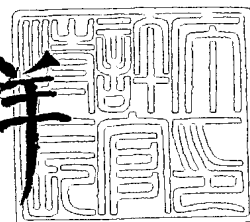
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 4 - 0 4 6 7 9 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 4 - 0 4 6 7 9 8 ]

出      願      人                      日本精工株式会社  
Applicant(s):                      N S K ステアリングシステムズ株式会社

2 0 0 5 年    3 月 2 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願  
【整理番号】 NSK0405  
【提出日】 平成16年 2月23日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 B62D 6/00  
B62D 5/04

【発明者】  
【住所又は居所】 群馬県前橋市鳥羽町 7 8 番地 N S Kステアリングシステムズ株式  
式会社内  
【氏名】 小林 秀行

【特許出願人】  
【識別番号】 000004204  
【氏名又は名称】 日本精工株式会社

【特許出願人】  
【識別番号】 302066629  
【氏名又は名称】 N S Kステアリングシステムズ株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100078776  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 安形 雄三

【選任した代理人】  
【識別番号】 100114269  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 五十嵐 貞喜

【選任した代理人】  
【識別番号】 100093090  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 北野 進

【選任した代理人】  
【識別番号】 100119194  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 石井 明夫

【選任した代理人】  
【識別番号】 100128679  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 星 公弘

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 010836  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項 1】

車両の操舵系に操舵補助力を付与するモータと、前記モータの出力トルクを制御する q 軸電流指令値  $I_{qref}$  及び前記モータの界磁を制御する d 軸電流指令値  $I_{dref}$  を算出する電流指令値算出手段とを備えた電動パワーステアリング装置の制御装置において、前記モータのロータ位置  $\theta$  及び前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  に基いて前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  を補正した補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出する電流指令値補正手段を備え、前記補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  に基いて前記モータを制御することを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。

## 【請求項 2】

前記電流指令値補正手段が、前記モータのロータ位置  $\theta$ 、前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  及び前記ロータの角速度  $\omega$  に基いて前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  を補正した補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出する請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

## 【請求項 3】

前記電流指令値補正手段が、前記モータのロータ位置  $\theta$ 、前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  及び前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に基いて前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  を補正した補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出する請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

## 【請求項 4】

前記電流指令値補正手段は、前記ロータ位置  $\theta$  によって予め決定された基本補正電流値  $I_c$  に前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  によって決定される係数  $K_d$  を乗じた補償電流値 ( $K_d \cdot I_c$ ) を前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算して補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出する請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

## 【請求項 5】

前記電流指令値補正手段は、前記ロータ位置  $\theta$  によって予め決定された基本補正電流値  $I_c$  に前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  によって決定される係数  $K_d$  を乗じた補償電流値 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに前記ロータの角速度  $\omega$  によって決定される係数  $K_w$  を乗じた補償電流値 ( $K_w \cdot K_d \cdot I_c$ ) を前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算して補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出する請求項 2 に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

## 【請求項 6】

前記電流指令値補正手段は、前記ロータ位置  $\theta$  によって予め決定された基本補正電流値  $I_c$  に前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  によって決定される係数  $K_d$  を乗じた補償電流値 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  によって決定される係数  $K_q$  を乗じた補償電流値 ( $K_q \cdot K_d \cdot I_c$ ) を前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算して補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出する請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】電動パワーステアリング装置の制御装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動パワーステアリング装置の制御装置に関し、特にモータ出力のトルク脈動の抑制に関する電動パワーステアリング装置の制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

自動車のステアリング装置をモータの回転力で補助力を付与する電動パワーステアリング装置は、モータの駆動力を減速機を介してギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸に補助力を付与するようになっている。このような電動パワーステアリング装置の簡単な構成を図6を参照して説明する。操向ハンドル101の軸102は減速ギア103、ユニバーサルジョイント104a及び104b、ピニオンラック機構105を経て操向車輪のタイロッド106に結合されている。軸102には、操向ハンドル101の操舵トルクを検出するトルクセンサ107が設けられており、操向ハンドル101の操舵力を補助するモータ108が、減速ギア103を介して軸102に連結されている。

【0003】

このような電動パワーステアリング装置の制御装置について図7を参照して説明する。この制御装置の制御方式は、一例として、フィードバック制御とベクトル制御を用いた3相モータ制御になっている。

【0004】

まず、トルクセンサ107で検出されて入力される操舵トルク $T_{ref}$ と、図示されない車速センサで検出された車速 $V$ と、後述するロータ位置 $\theta$ 及びロータの角速度 $\omega$ とが電流指令値算出部204に入力されて、主にモータ108の出力トルクを制御する $q$ 軸電流指令値 $I_{qref}$ と、主にモータ108の界磁を制御する $d$ 軸電流指令値 $I_{dref}$ とが算出される。

【0005】

一方、フィードバック制御を実行するために各相のモータ電流 $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$ を検出する必要がある。まず、 $a$ 相電流 $I_a$ 、 $c$ 相電流 $I_c$ をそれぞれ検出するために、電流検出器205-1、205-2がインバータ回路211とモータ108の配線に配置され、電流 $I_a$ 及び $I_c$ を検出している。さらに、 $b$ 相電流 $I_b$ は、 $I_a + I_b + I_c = 0$ の関係を利用して、検出された電流 $I_a$ 及び $I_c$ と減算部207-5とによって、 $I_b = -(I_a + I_c)$ として算出される。

【0006】

さらに、モータ108を制御するために、モータ108のロータ位置 $\theta$ 及びロータの角速度 $\omega$ を検出するために、レゾルバ201がモータ108に配され、またレゾルバ201の出力信号からロータ位置 $\theta$ 及びロータの角速度 $\omega$ を検出するレゾルバデジタル変換回路(以下RDC回路と記す)202が配されている。

【0007】

検出された各相モータ電流 $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$ をベクトル制御に合わせて $d$ 、 $q$ 軸電流 $I_d$ 、 $I_q$ に変換する必要がある。3相/2相変換部206において、RDC回路202の出力であるロータ位置 $\theta$ 及び検出された各相モータ電流 $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$ を入力として、 $d$ 軸電流 $I_d$ 及び $q$ 軸電流 $I_q$ に変換され出力される。

【0008】

そして、上述した $q$ 軸電流指令値 $I_{qref}$ 及び $d$ 軸電流指令値 $I_{dref}$ と、変換された $q$ 軸電流 $I_q$ 及び $d$ 軸電流 $I_d$ とのそれぞれの偏差 $\Delta I_q$ 、 $\Delta I_d$ が、減算部207-1、207-2において算出される。偏差 $\Delta I_q$ 、 $\Delta I_d$ は、比例積分制御部(PI制御部)208に入力され、電圧指令値 $V_{qref}$ 、 $V_{dref}$ が出力される。実際のモータ108は3相モータであるために $d$ 、 $q$ 軸で表現された電圧指令値 $V_{qref}$ 、 $V_{dr}$

e f から3相電圧指令値  $V_{aref}$ ,  $V_{bref}$ ,  $V_{cref}$  を算出する必要がある。よって、d、q 軸電圧指令値  $V_{dref}$ ,  $V_{qref}$  及びRDC回路202の出力であるロータ位置  $\theta$  を入力として2相/3相変換部209において、電圧指令値  $V_{aref}$ ,  $V_{bref}$ ,  $V_{cref}$  が算出される。

#### 【0009】

そして、一例としてモータ108を駆動するインバータ回路211がPWM制御されている場合、PWM制御部210において、各相電圧指令値  $V_{aref}$ ,  $V_{bref}$ ,  $V_{cref}$  を入力として、各相PWM制御信号が出力され、インバータ211はこれら各相PWM制御信号によってPWM制御される。

#### 【0010】

以上説明した制御方式が、d 軸電流指令値  $I_{dref}$  及びq 軸電流指令値  $I_{qref}$  を用いたベクトル制御である。ここで、主に、モータ108の出力トルクの指令する電流指令値はq 軸電流指令値であり、一方、d 軸電流指令値  $I_{dref}$  は、モータ出力に限度があるため、主にモータが高速回転になった時に、弱め界磁制御を実行する場合に利用される。よって、d 軸電流指令値  $I_{dref}$  は、出力トルクとロータの角速度  $\omega$  がモータ出力の限度内であれば、通常は出力されず、つまり、 $I_{dref}=0$  である。しかし、高速回転になってモータ出力の限度に達すると、弱め界磁制御を実行する必要がある、d 軸電流指令値  $I_{dref}$  が零ではなく、必要な値が出力される。

#### 【0011】

上述したd 軸電流制御が一般的な使用態様であるが、その他に、特許文献1や特許文献2においては、通電電流による温度上昇によってモータ出力が低下することを防止するために、温度を考慮したd 軸電流指令値を算出して、出力低下防止を図っている。また、特許文献3においては、モータの出力トルクに発生する脈動トルクを抑制するために、車速  $V$ 、角速度  $\omega$ 、ロータ位置  $\theta$  などを用いてq 軸電流指令値に補正をかけ、補正後のq 軸電流指令値でモータを制御している。

#### 【0012】

ところで、上述したベクトル制御を用いたモータ制御においては、高速回転時などに弱め界磁制御を実行する場合、即ちd 軸電流指令値  $I_{dref}=0$  ではない場合、モータが振動して、騒音を発生する問題がある。その原因は、モータ巻線の抵抗やインダクタンスが各相毎に均一ではなくバラツキがあり、また、モータコアのスロット毎のバラツキもあるために、弱め界磁制御を実行するとトルクリップルが発生してモータが振動し騒音を発生すると考えられている。

#### 【0013】

しかし、特許文献1や特許文献2が開示する対策は、温度上昇によって発生する出力低下を防止するためのもので、上述したモータ振動、騒音を改善するものではない。また、特許文献3が開示する対策は、弱め界磁制御を実行した場合に発生するモータ振動、騒音を防止するためのものではなく、ハンドルの操作フィーリングが鋭敏に感じる感応領域での脈動トルクを抑制して操舵フィーリングの悪化を防ぐためのものである。

#### 【0014】

【特許文献1】特開2000-1847663号公報

【特許文献2】特開2000-184773号公報

【特許文献3】特許第3433701号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0015】

上述したベクトル制御を用いたモータ制御においては、高速回転時などに弱め界磁制御を実行する場合、即ちd 軸電流指令値  $I_{dref}=0$  ではない場合、モータが振動して、騒音を発生する問題がある。

#### 【0016】

本発明は上述のような事情から成されたものであり、本発明の目的は、弱め界磁制御を

実行した場合に発生するモータのトルクリップルによるモータの振動、騒音の発生を防止する電動パワーステアリング装置の制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明は、車両の操舵系に操舵補助力を付与するモータと、前記モータの出力トルクを制御する q 軸電流指令値  $I_{qref}$  及び前記モータの界磁を制御する d 軸電流指令値  $I_{dref}$  を算出する電流指令値算出手段とを備えた電動パワーステアリング装置の制御装置に関するものであり、本発明の上記目的は、前記モータのロータ位置  $\theta$  及び前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  に基いて前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  を補正した補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出する電流指令値補正手段を備え、前記補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  に基いて前記モータを制御することによって達成される。

また、上記目的は、前記電流指令値補正手段が、前記モータのロータ位置  $\theta$ 、前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  及び前記ロータの角速度  $\omega$  に基いて前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  を補正した補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出することによってさらに効果的に達成される。また、上記目的は前記電流指令値補正手段が、前記モータのロータ位置  $\theta$ 、前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  及び前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に基いて前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  を補正した補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出することによってさらに効果的に達成される。

また、上記目的は、前記電流指令値補正手段は、前記ロータ位置  $\theta$  によって予め決定された基本補正電流値  $I_c$  に前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  によって決定される係数  $K_d$  を乗じた補償電流値 ( $K_d \cdot I_c$ ) を前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算して補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出することによってさらに効果的に達成される。

また、上記目的は、前記電流指令値補正手段は、前記ロータ位置  $\theta$  によって予め決定された基本補正電流値  $I_c$  に前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  によって決定される係数  $K_d$  を乗じた補償電流値 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに前記ロータの角速度  $\omega$  によって決定される係数  $K_w$  を乗じた補償電流値 ( $K_w \cdot K_d \cdot I_c$ ) を前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算して補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出することによってさらに効果的に達成される。

また、上記目的は、前記電流指令値補正手段は、前記ロータ位置  $\theta$  によって予め決定された基本補正電流値  $I_c$  に前記 d 軸電流指令値  $I_{dref}$  によって決定される係数  $K_d$  を乗じた補償電流値 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  によって決定される係数  $K_q$  を乗じた補償電流値 ( $K_q \cdot K_d \cdot I_c$ ) を前記 q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算して補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出することによってさらに効果的に達成される。

。

【発明の効果】

【0018】

弱め界磁制御を実行した場合、発生するトルクリップルの波形は、モータの特性毎にロータ位置によって決まっているので、ロータ位置によって前記トルクリップルを打ち消す基本の補正電流を予め決定しておく。さらに、弱め界磁制御の d 軸電流が大きいほどトルクリップルも大きくなるので、その決定された基本の補正電流に d 軸電流指令値  $I_{dref}$  の大きさを乗じることによって大きさを調整した補正電流を、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算した補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  に基いてモータを制御するので、トルクリップルが抑制され、よって、モータの振動、騒音を抑制できる効果が得られる。

【0019】

また、トルクリップルは、ロータの角速度にも影響され、角速度  $I_{dref}$  によって決定された補正電流に、さらに角速度の大きさを乗じた補正電流を q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算した補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  に基いてモータを制御するので、トルクリップルが抑制され、よって、モータの振動、騒音を抑制できる効果が得られる。

【0020】

また、トルクリップルは、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  の大きさによっても影響され、q 軸電流指令値が大きいほどトルクリップルが大きくなるので、上述したロータ位置と d 軸

電流指令値によって決定された補正電流に、さらに q 軸電流指令値の大きさを乗じた補正電流を q 軸電流指令値に加算した補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  に基いてモータを制御するので、トルクリップルが抑制され、よって、モータの振動、騒音を抑制できる効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明の基本的な考えは、弱め界磁制御を実行した場合、ロータ位置と発生するトルクリップルの波形の関係はモータの特性によって決まっているので、ロータ位置に対して当該トルクリップルを打ち消す基本の補正電流  $I_c$  を予め決定しておく。また、トルクリップルの大きさは、弱め界磁が強いほど、即ち d 軸電流指令値が大きいほど大きくなるので、基本の補正電流  $I_c$  に d 軸電流指令値の大きさに応じた係数  $K_d$  を、基本の補正電流  $I_c$  に乗じた補正電流 ( $K_d \cdot I_c$ ) を q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算して、最終的な q 軸電流指令値である補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を算出している。

【実施例 1】

【0022】

上述した考えに基づいて、本発明の実施例 1 について図 1 及び図 2 を参照して説明する。図 1 は本発明の要部である電流指令値補正手段を含む電動パワーステアリング装置の全体制御ブロック図である。そして、図 2 は、本発明の要部である電流指令値補正手段の内部詳細図である。

【0023】

まず、本実施例で用いるベクトル制御は、上述した従来のベクトル制御と異なり、電流指令値を算出するまでベクトル制御を使用して、d 軸電流指令や q 軸電流指令値が決定された後は、各相電流指令値に換算し、その後は各相のモータ電流をフィードバック制御する制御方式を取っており、疑似ベクトル制御（以下、PVC 制御と記す）と呼んでいる。なお、本発明は、PVC 制御に適用できるだけでなく、後述するが、従来のベクトル制御にも適用できる。

【0024】

まず、図 1 を参照して、PVC 制御の構成動作について先に説明して、その後で、図 2 を参照して、電流指令値補正手段の構成動作の詳細を説明する。なお、すでに使用した符号と同一符号のものは同一の機能を有する。

【0025】

まず、トルクセンサ 107 で検出されて入力される操舵トルク  $T_{ref}$  と、図示されない車速センサで検出された車速  $V$  と、ロータ位置  $\theta$  及びロータの角速度  $\omega$  とが電流指令値算出部 204 に入力されて、主にモータ 108 の出力トルクを制御する q 軸電流指令値  $I_{qref}$  と、主にモータ 108 の界磁を制御する d 軸電流指令値  $I_{dref}$  とが算出される。

【0026】

そして、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  は、本発明の要部である電流指令値補正手段 10 に入力され、補正された後に補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を出力する。なお、PVC 制御の全体を先に説明するため、本発明の要部である電流指令値補正手段 10 の内部の構成動作は、後で図 2 を参照して詳細に説明する。

【0027】

一方、フィードバック制御を実行するために各相のモータ電流  $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$  を検出する必要がある。まず、a 相電流  $I_a$ 、c 相電流  $I_c$  をそれぞれ検出するために、電流検出器 205-1、205-2 がインバータ回路 211 とモータ 108 の配線に配置され、電流  $I_a$  及び  $I_c$  を検出している。さらに、b 相電流  $I_b$  は、 $I_a + I_b + I_c = 0$  の関係を利用して、検出された電流  $I_a$  及び  $I_c$  と減算部 207-5 とによって、 $I_b = -(I_a + I_c)$  として算出される。

【0028】

さらに、モータ 108 を制御するために、モータ 108 のロータ位置  $\theta$  及びロータの角



速度 $\omega$ を検出するために、レゾルバ201がモータ108に配され、またレゾルバ201の出力信号からロータ位置 $\theta$ 及びロータの角速度 $\omega$ を検出するレゾルバデジタル変換回路(以下RDC回路と記す)202が配されている。

#### 【0029】

そして、電流指令値補正手段10の出力である補正q軸電流指令値 $I_{qc}$ 及びd軸電流指令値 $I_{dref}$ と、各相のモータ電流 $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$ とのそれぞれの偏差 $\Delta I_a$ 、 $\Delta I_b$ 、 $\Delta I_c$ が、減算部207-1、207-2、207-3において算出される。偏差 $\Delta I_a$ 、 $\Delta I_b$ 、 $\Delta I_c$ は、PI制御部208に入力され、3相電圧指令値 $V_{aref}$ 、 $V_{bref}$ 、 $V_{cref}$ が算出される。

#### 【0030】

そして、モータ108を駆動するインバータ回路211がPWM制御されている場合、PWM制御部210において、各相電圧指令値 $V_{aref}$ 、 $V_{bref}$ 、 $V_{cref}$ を入力として、各相PWM制御信号が出力され、インバータ211はこれら各相PWM制御信号によってPWM制御される。

#### 【0031】

以上がPVC制御の基本的な動作説明である。なお、PVC制御は電流指令値や検出電流を含め各相制御なので、モータの抵抗やインダクタンス等のパラメータが各相にバラツキがあっても、d/q軸電流制御と異なり、各相ごとに独立して補償できる効果がある。

#### 【0032】

本発明の要部である電流指令値補正手段10の詳細について図2を参照して説明する。電流指令値補正手段10は、ロータ位置 $\theta$ を入力として基本補正電流 $I_c$ を出力する基本補正電流算出手段10aと、d軸電流指令値 $I_{dref}$ を入力として係数 $K_d$ を出力するd軸係数算出手段10bと、基本補正電流 $I_c$ と係数 $K_d$ を入力として乗算する乗算部10cと、q軸電流指令値 $I_{qref}$ に乗算部10の出力( $K_d \cdot I_c$ )を加算して補正q軸電流指令値 $I_{qc}$ を出力する加算部10dとから構成されている。

#### 【0033】

ここで、基本補正電流算出手段10aは、実測によってロータ位置 $\theta$ と基本の補正電流 $I_c$ との関係をテーブル化しておく。即ち、ロータを一定の速度で回転させ、ロータ位置 $\theta$ によって発生するトルクリップルを打ち消す基本の補正電流 $I_c$ を実測してテーブル化する。なお、この関係はモータの特性によって変化するので、使用するモータの種類毎に実測する必要がある。

#### 【0034】

次に、d軸係数算出手段10bも同じように、実測によってd軸電流指令値 $I_{dref}$ の大きさとd軸係数 $K_d$ との関係をテーブル化しておく。なお、図2において、 $I_{dref}$ が0付近に不感帯がある例を示しているが、本発明の必須条件ではなく、弱め界磁が明確に実行された場合にだけ補正をするように工夫したもので必須条件ではない。

#### 【0035】

このような構成の電流指令値補正手段を用いれば、RDC回路202から出力されたロータ位置 $\theta$ を入力として基本補正電流算出手段10aで、トルクリップルを打ち消す基本の補正電流 $I_c$ が決定され、さらに、弱め界磁電流の強さに比例して、即ちd軸電流指令値 $I_{dref}$ によって決定されるd軸係数 $K_d$ を、乗算部10cにおいて、基本の補正電流 $I_c$ に乗じた補正電流( $K_d \cdot I_c$ )を、加算部10dでq軸電流指令値 $I_{qref}$ に加算して、補正q軸電流指令値 $I_{qc}$ が算出される。この補正q軸電流指令値 $I_{qc}$ によって、ロータ位置 $\theta$ 及びd軸電流指令値の大きさによって決定されるトルクリップルを抑制することができ、よって、モータの振動、騒音を抑制できる効果が得られる。

#### 【実施例2】

#### 【0036】

実施例1が本発明の基本の発明であるが、実施例2では実施例1に、さらにロータの角速度 $\omega$ の要素を加味して改良した実施例である。つまり、弱め界磁制御時に発生するトルクリップルは、ロータが高速回転するほど大きく発生することも知られている。よって、

実施例 1 の補正電流 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに、角速度  $\omega$  によって、補正電流 ( $K_d \cdot I_c$ ) を調整するものである。

#### 【0037】

本実施例について、図 3 を参照して説明する。電流指令値補正手段 10 は、ロータ位置  $\theta$  を入力として基本補正電流  $I_c$  を出力する基本補正電流算出手段 10a と、d 軸電流指令値  $I_{dref}$  を入力として係数  $K_d$  を出力する d 軸係数算出手段 10b と、基本補正電流  $I_c$  と係数  $K_d$  を入力として乗算する乗算部 10c と、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に乗算部 10c の出力 ( $K_d \cdot I_c$ ) と、角速度  $\omega$  を入力として係数  $K_w$  を算出する角速度係数算出手段 10e と、乗算部 10c の出力 ( $K_d \cdot I_c$ ) に係数  $K_w$  を乗ずる乗算部 10f と、乗算部 10f の出力 ( $K_w \cdot K_d \cdot I_c$ ) に q 軸電流指令値  $I_{qref}$  を加算して補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を出力する加算部 10d とから構成されている。

#### 【0038】

ここで、角速度係数算出手段 10e が示す角速度  $\omega$  と係数  $K_w$  との関係は、実測によって決定される。この関係もモータの特性によって変化するものである。低速回転のときが 1 倍で、回転速度が高速になるほど 1 以上の値が係数として決定される。即ち、高速回転ほどトルクリップルが大きく発生するので、抑制するための補正電流も大きくする必要があるからである。

#### 【0039】

このように構成された電流指令値補正手段 10 では、実施例 1 で説明した乗算部 10c の出力である補正電流 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに、角速度係数算出手段 10e によって算出される角速度  $\omega$  によって決定される係数  $K_w$  を、乗算部 10f で乗算して補正電流 ( $K_w \cdot K_d \cdot I_c$ ) が算出され、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算部 10d で加算されて補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  が算出されるようになっている。つまり、実施例 1 の補正電流 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに、角速度  $\omega$  によるトルクリップル増大を抑制する手段を講じており、よって、モータの振動、騒音をさらに、効果的に抑制できる。

#### 【実施例 3】

#### 【0040】

上述したように、実施例 1 が本発明の基本の発明であるが、実施例 3 では実施例 1 に、さらに q 軸電流指令値  $I_{qref}$  自身の要素を加味して改良した実施例である。つまり、弱め界磁制御時に発生するトルクリップルは、トルク指令値である q 軸電流指令値  $I_{qref}$  自身が大きくなるほどトルクリップルも大きく発生することも知られている。よって、実施例 1 の補正電流 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  によって、補正電流 ( $K_d \cdot I_c$ ) を調整するものである。

#### 【0041】

本実施例について、図 4 を参照して説明する。電流指令値補正手段 10 は、ロータ位置  $\theta$  を入力として基本補正電流  $I_c$  を出力する基本補正電流算出手段 10a と、d 軸電流指令値  $I_{dref}$  を入力として係数  $K_d$  を出力する d 軸係数算出手段 10b と、基本補正電流  $I_c$  と係数  $K_d$  を入力として乗算する乗算部 10c と、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に乗算部 10c の出力 ( $K_d \cdot I_c$ ) と、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  を入力として係数  $K_q$  を算出する q 軸係数算出手段 10g と、乗算部 10c の出力 ( $K_d \cdot I_c$ ) に係数  $K_q$  を乗ずる乗算部 10f と、乗算部 10f の出力である補正電流 ( $K_q \cdot K_d \cdot I_c$ ) に q 軸電流指令値  $I_{qref}$  を加算して補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  を出力する加算部 10d とから構成されている。

#### 【0042】

ここで、q 軸係数算出手段 10g が示す q 軸電流指令値  $I_{qref}$  と係数  $K_q$  との関係は、実測によって決定される。この関係もモータの特性によって変化するものである。q 軸電流指令値  $I_{qref}$  が大きくなるほど 1 以上の値が係数として決定される。

#### 【0043】

このように構成された電流指令値補正手段 10 では、実施例 1 で説明した乗算部 10c の出力である補正電流 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに、q 軸係数算出手段 10g によって算出さ

れる q 軸電流指令値  $I_{qref}$  によって決定される係数  $K_q$  を、乗算部 10f で乗算して補正電流 ( $K_q \cdot K_d \cdot I_c$ ) が算出され、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  に加算部 10d で加算されて補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  が算出されるようになっている。つまり、実施例 1 の補正電流 ( $K_d \cdot I_c$ ) に、さらに、q 軸電流指令値  $I_{qref}$  の大きさによるトルクリップル増大を抑制する手段を講じており、よって、モータの振動、騒音をさらに、効果的に抑制できる。

#### 【実施例 4】

##### 【0044】

本発明は、上述した P V C 制御に適用できるだけでなく、従来のベクトル制御の電動パワーステアリング装置の制御にも適用できる。図 5 は、従来のベクトル制御に本発明を適用した制御ブロック図である。

##### 【0045】

従来の技術の説明に用いた符号と同一番号の符号のものは同一の機能を有する。従来のベクトル制御とことなるところは、電流指令値算出部 204 と減算部 207-1 の間に、電流指令値補正手段 10 が配され、電流指令値算出部 204 で算出された q 軸電流指令値  $I_{qref}$  が、まず、電流指令値補正手段 10 に入力されて、補正 q 軸電流指令値  $I_{qc}$  として算出出力され、減算部 207-1 に入力されている。

##### 【0046】

このように構成されることによって、実施例 1, 2, 3 で説明したことと同じ効果が得られ、モータの振動、騒音が抑制される。

##### 【0047】

なお、以上の説明では、フィードバック制御を用いて電動パワーステアリング装置を制御した場合について説明したが、フィードフォワード制御に本発明を適用して同じ効果を得られることは言うまでもない。また、3 相モータだけでなく、3 以上の多相モータでも同じ効果を得ることができる。

##### 【0048】

以上説明したように、本発明を用いれば、電動パワーステアリング装置の制御において、弱め界磁制御を実行した場合に発生するトルクリップルによるモータの振動、騒音を抑制できる効果を期待できる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0049】

【図 1】 本発明を適用した全体制御ブロック図である。

【図 2】 本発明の基本の電流指令値補正手段の詳細ブロック図である。

【図 3】 本発明の角速度を考慮した電流指令値補正手段の詳細ブロック図である。

【図 4】 本発明の q 軸電流指令値の大きさを考慮した電流指令値補正手段の詳細ブロック図である。

【図 5】 本発明を従来のベクトル制御に適用した全体制御ブロック図である。

【図 6】 電動パワーステアリング装置の構成図である。

【図 7】 電動パワーステアリング装置の従来のベクトル制御ブロック図である。

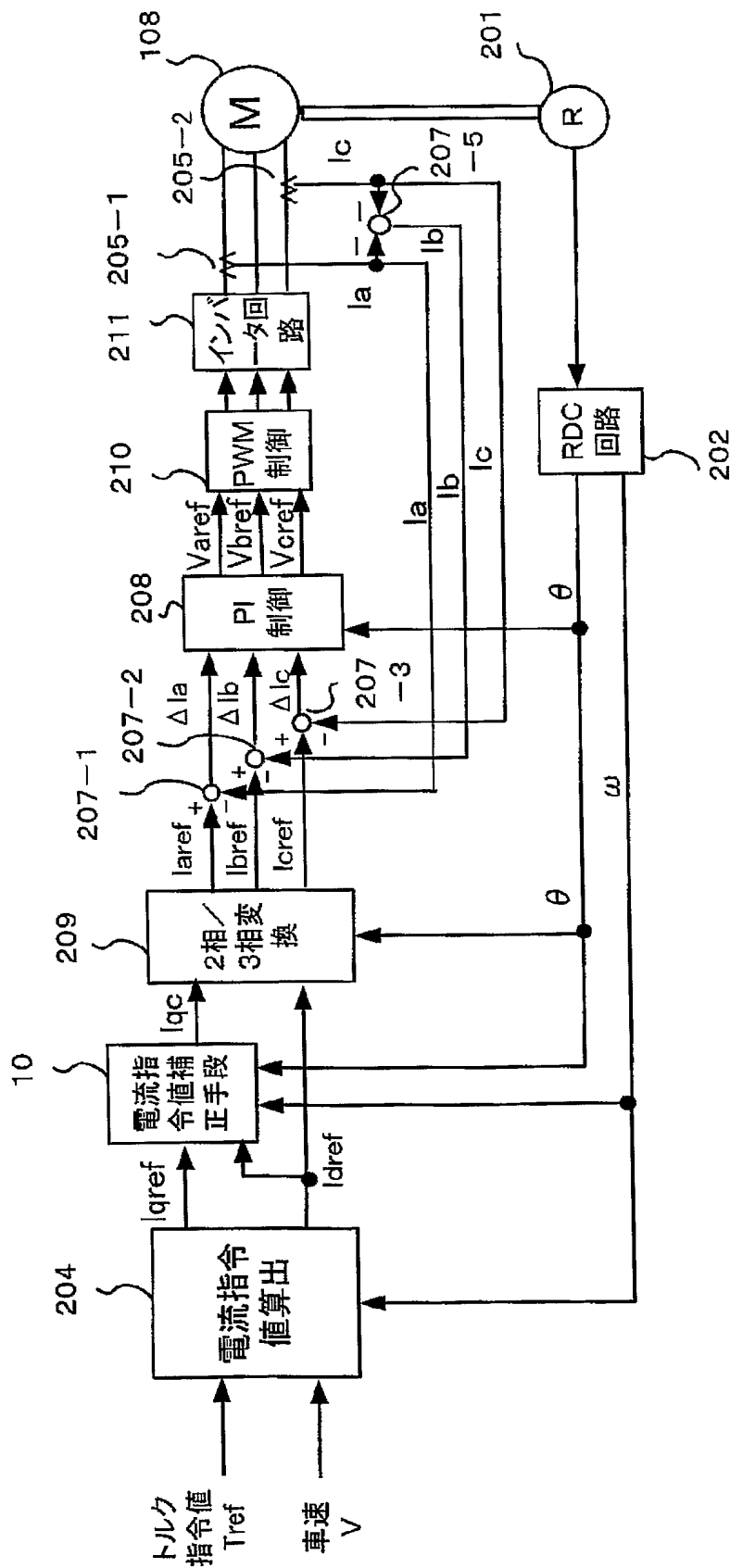
#### 【符号の説明】

##### 【0050】

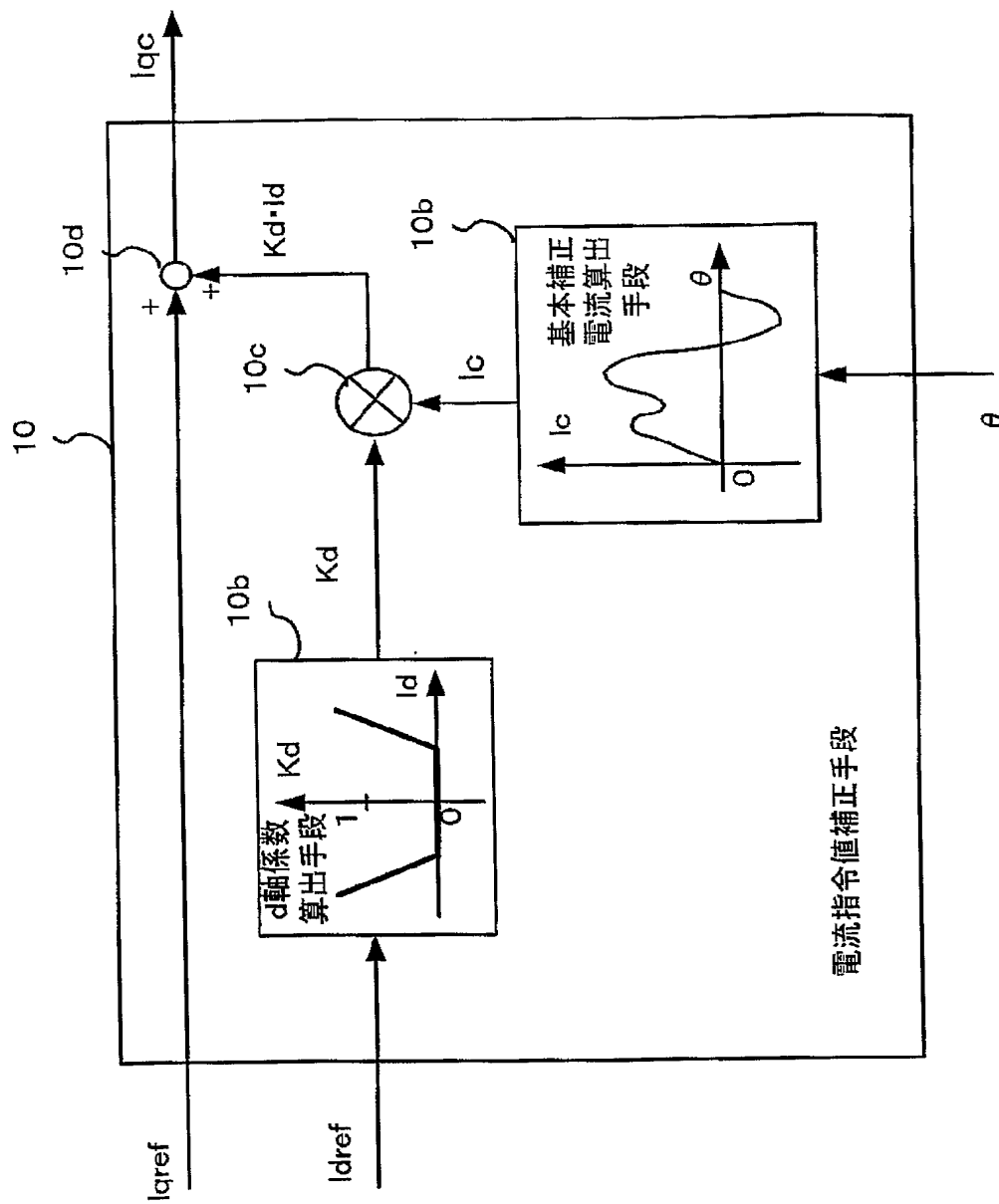
- 10 電流指令値補正手段
- 10a 基本補正電流算出手段
- 10b d 軸係数算出手段
- 10c、10f 乗算部
- 10d 加算部
- 10e 角速度係数算出手段
- 10g q 軸係数算出手段

【書類名】 図面

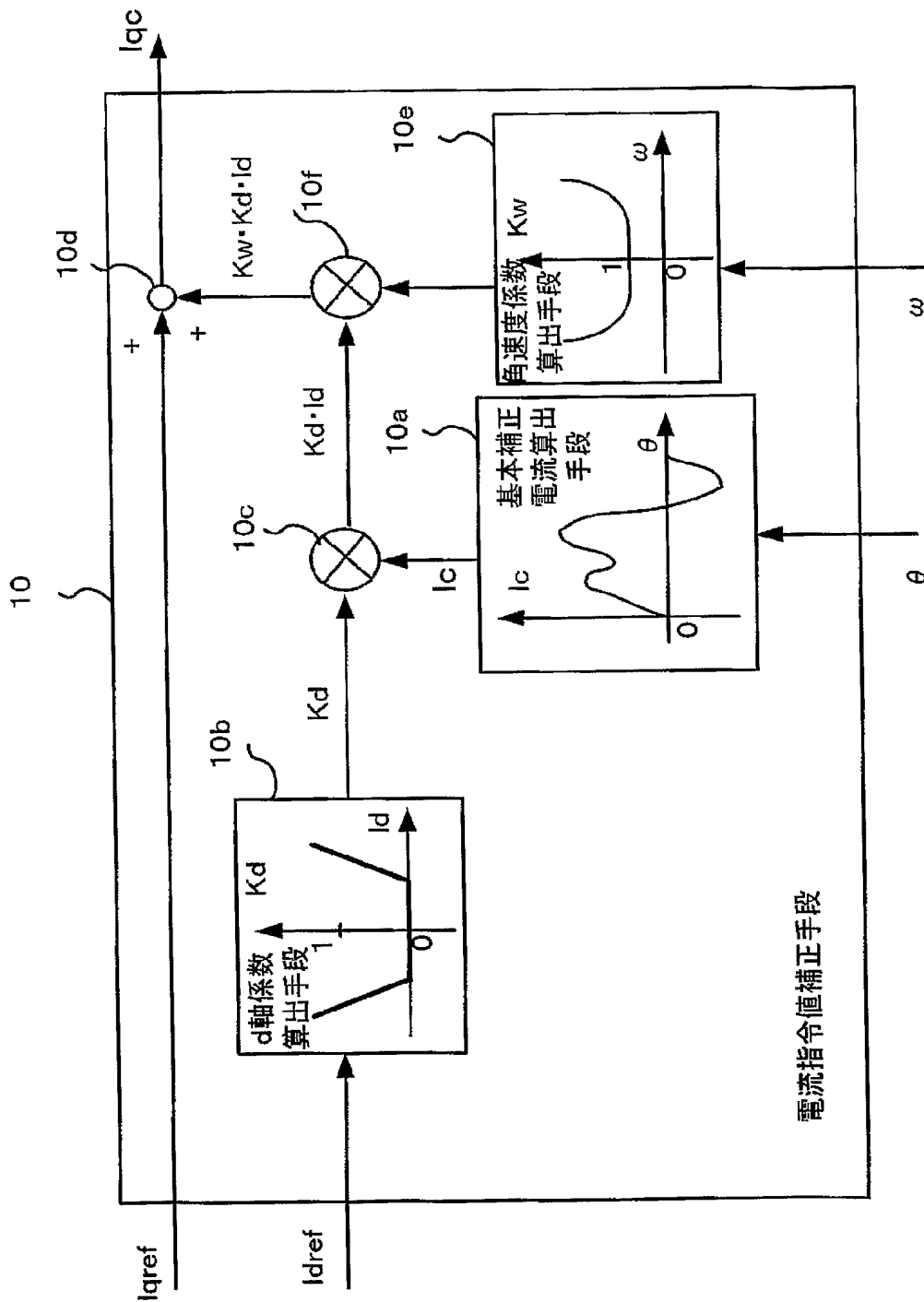
【図 1】



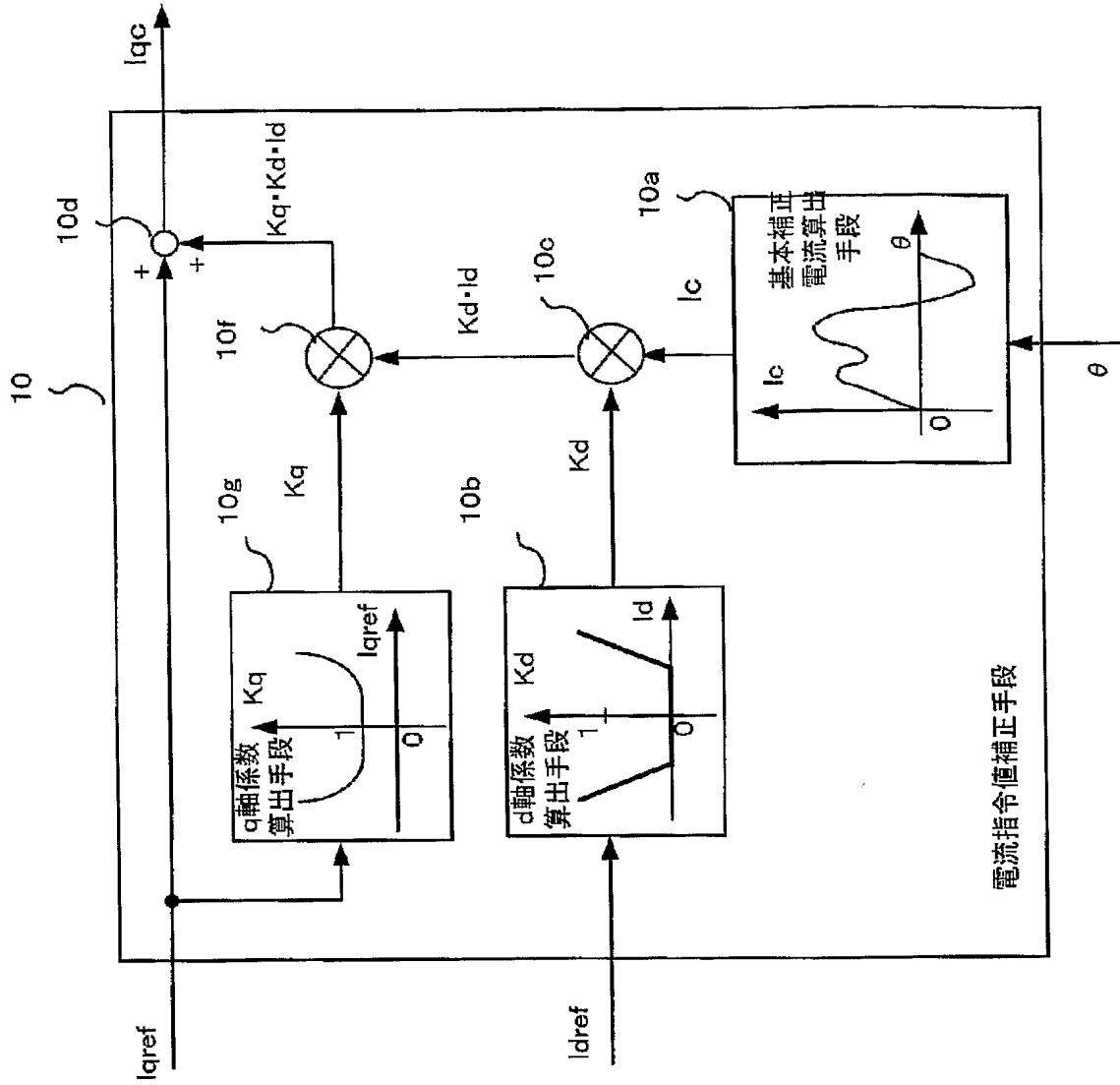
【図 2】



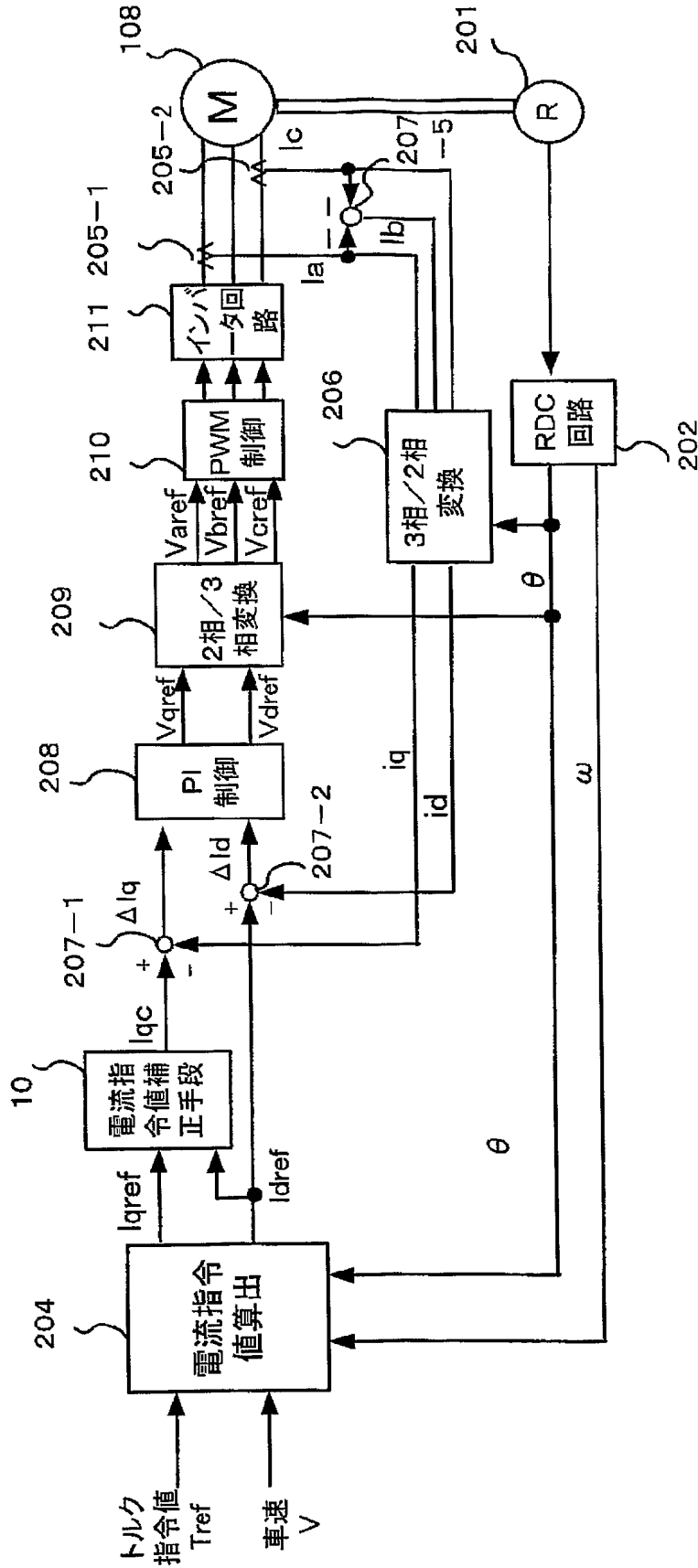
【図 3】



【図 4】

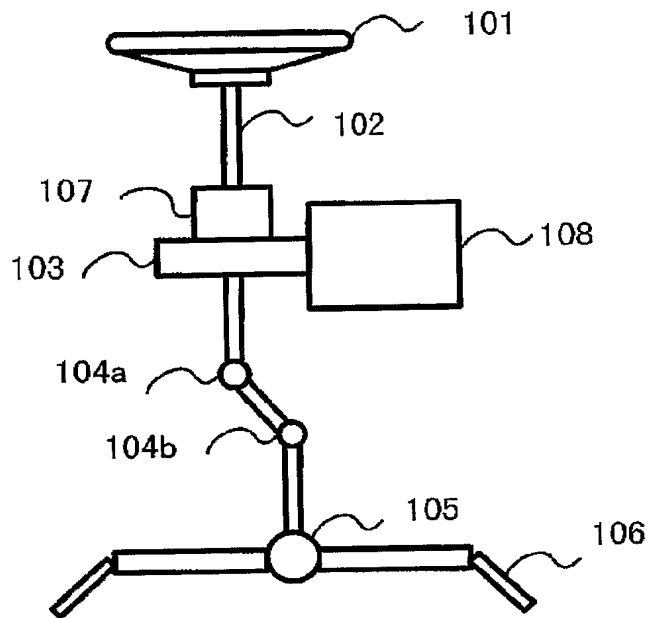


【図 5】

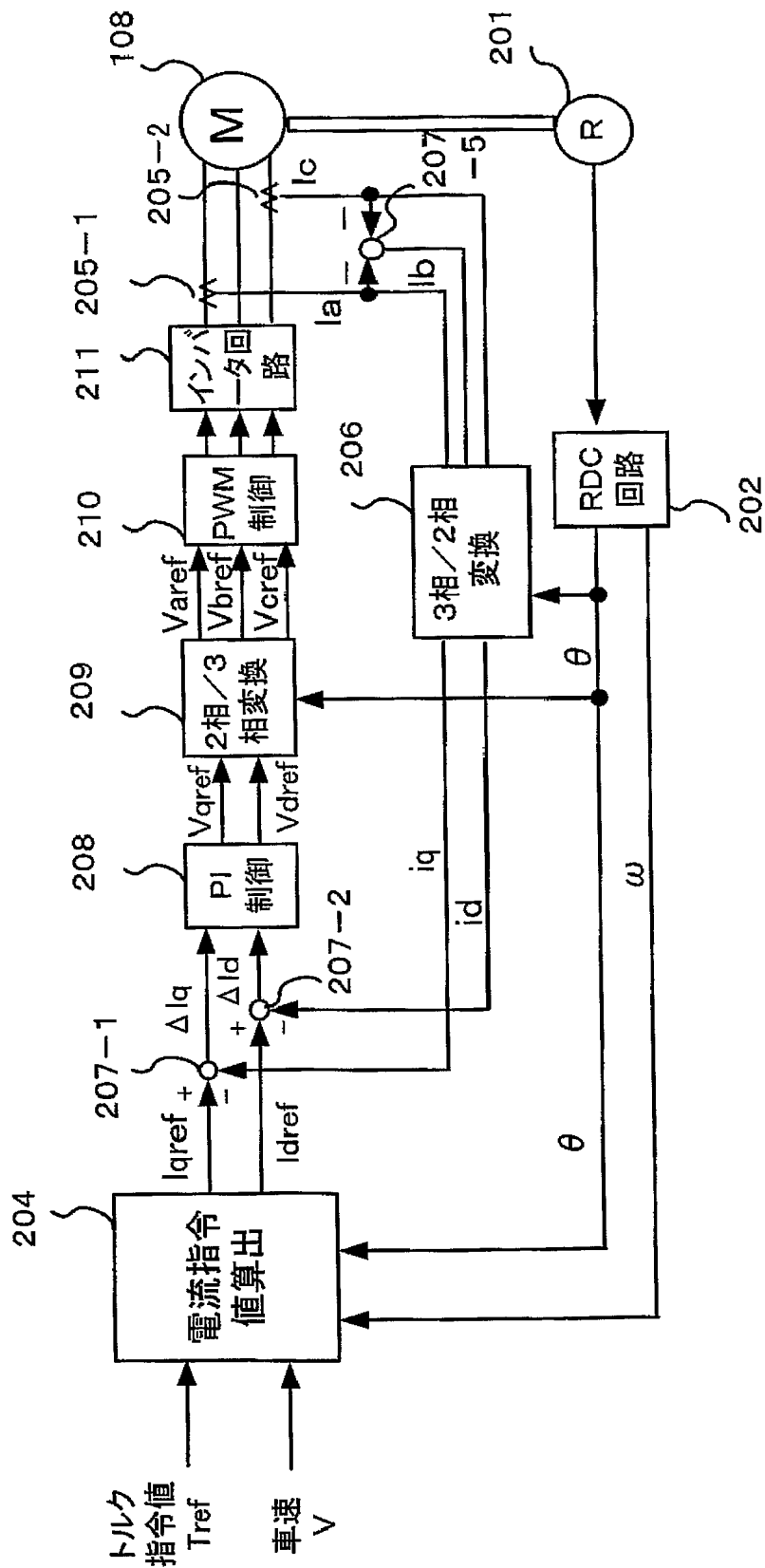




【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 モータに対し弱め界磁制御を実行したときに発生するトルクリップルによって起こされるモータ振動、騒音を抑制できる電動パワーステアリング装置の制御装置を提供する。

【解決手段】 弱め界磁制御を実行したときに発生するトルクリップルを抑制できる基本の補正電流とロータ位置との関係を予め実測し、その基本の補正電流に弱め界磁電流の大きさやロータの角速度の大きさを考慮して調整した補正電流を本来の電流指令値に加算してモータの出力トルクを制御する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 4 6 7 9 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 4 2 0 4 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号
氏 名	日本精工株式会社

特願 2 0 0 4 - 0 4 6 7 9 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 3 0 2 0 6 6 6 2 9 ]

1. 変更年月日	2 0 0 2 年 1 1 月 2 1 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号
氏 名	N S K ステアリングシステムズ株式会社